

# 論文の内容の要旨

論文題目

Improvements in Operating the Mid-Infrared Array for Ground-Based Astronomy  
and  
Infrared Studies of Silhouette Disks and Envelopes

地上中間赤外線検出器の駆動方法の改善  
および  
赤外線シルエットによる星周ディスクとエンベロープの研究

氏名

酒 向 重 行

中間赤外線検出器 Raytheon 320×240 Si:As IBC(以下、320×240 FPA) の駆動方法の改善を行った。320×240 FPA は現在最大の受光面積を持つ地上観測用の中間赤外線検出器であり、すばる望遠鏡用の中間赤外線観測装置 COMICS に搭載されている。この検出器で明るい天体を観測すると、天体の近くおよび同じ行と列のピクセルの信号レベルが降下し、人工的な模様が発生する。このレベル降下現象は、主に検出器読みだし回路 (ROIC) の中のソースフォロワ回路の一時的な特性の変動が原因と考えられる。我々は、1 ピクセルにつき 4 回のサンプルを行う新しい駆動方法を考案、実装し、この駆動方法がレベル降下現象を効果的に補正することを確認した。また、ROIC の回路特性を測定し、検出器に最適なバイアス電圧を導出した。検出器の量子効率の測定もおこなった。

更に我々は、320×240 FPA 用の検出器データ取得デバイスの開発をおこなった。このデータ取得デバイスは、データ転送速度が遅い COMICS の旧データ取得デバイスにかわって採用された。新データ取得デバイスは PC Linux 用 32 ビット PCI バス デバイスであり、バスマスタと DMA 転送の機能を持つ。本デバイスは、検出器駆動用のクロック信号生成部、画像メモリ、画像加算器からなる。中間赤外線観測で高い観測効率を得るためには、データの処理速度の高速化が必要である。本デバイスは画像データの取得中に、既に得られた画像データをその発生率よりも高い転送率でハードディスクへ転送することができる。この転送方法の採用により、データ転送による損失時間を 200 画像 (64 メガバイト) あたり 200 秒から、1 秒以下に短縮することに成功した。新データ取得デバイスの実装により、COMICS の撮像観測における観測効率は従来の 44% から 79% に向上した。

若い星の星周ディスクおよびエンベロープの密度構造とダストの性質を調べるために、明るい近、中間赤外線星雲を背景光に使用して、若い星の星周ディスクおよびエンベロープのシルエットの観測をおこなった。本研究は、2つの赤外線観測を基に行われた。

Br $\gamma$  輝線用の狭帯域フィルタ (波長  $2.166 \mu\text{m}$ ) と補償光学装置を用いて、M17 星形成領域の撮像サーベイ観測を行った。この観測によって、フレア構造を持つ若いシルエット天体 (M17-SE1 と名づける) が、数 1,000 AU の大きさの 10 数個のシルエット天体とともに見つかった。エンベロープがシルエットとして検出されたのは、本観測が初めてである。M17-SE1 は、J、H、K'、L'、 $11.7 \mu\text{m}$ 、 $12.8 \mu\text{m}$  の広帯域フィルタと H $_2$  1-0 S(1) ラインの狭帯域フィルタによって追観測がなされた。M17-SE1 のエンベロープは、外部エンベロープと中心に穴を持つ内部エンベロープの 2 成分から構成されており、中心の穴の中には光学的に厚い星周ディスクが存在すると期待される。エンベロープの中心領域には、コンパクトな散乱光源と双極散乱光が見られる。M17-SE1 の中心星自体は、星周ディスクによって隠されており、赤外線では検出することはできない。双極散乱光の外縁部に沿ってダストの殻状構造がシルエットとして確認される。また、小さなダスト殻状構造が双極キャビティの片側にのみ見られる。内部エンベロープは星周ディスクの外縁部にむけて落下しているように見える。一方、外部エンベロープは落下しておらず、極方向には中心星重力と熱的な圧力勾配の平衡状態にあることが、その形状から示唆される。外部エンベロープは、半径方向には、中心星重力に対して、固有角運動量による遠心力によって支えられていると考えられる。非落下エンベロープと落下エンベロープの 2 成分からなるこの構造は、乱流によって支えられた分子雲コアの力学的収縮モデルによってよく説明される。ダストの殻状構造は外部エンベロープと接していないため、外部エンベロープのフレア構造は、殻状構造を作り出す双極アウトフローとの相互作用によって形成された構造ではないと考えられる。Class I 段階のエンベロープの平面度は双極アウトフローによって決定されるのではなく、大きな固有角運動量を持つ非落下エンベロープの形状によって決まるのであろう。

星周ディスクの密度構造とダストの性質を調べるため、オリオン星形成領域にあるシルエット=ディスク天体 d114-426、d218-354、d183-405 を、中間赤外線帯の [Ne II] 輝線 ( $12.814 \mu\text{m}$ ) を背景光として使い、背景輝線の高分散分光観測をおこなった。結果、3 天体すべての分光画像にシルエット像が検出された。シルエット=ディスク天体の中間赤外線による検出は本観測が初めてである。特に d218-354 と d183-405 に関しては、非エッジオン=シルエット=ディスク天体の赤外線における初めての検出となる。d218-354 と d183-405 に対しては、[Ne II] の狭帯域フィルタによる輝線撮像観測もおこなわれ、2 天体のシルエット像が確認された。中間赤外線で観測したシルエットの直径は、d114-426、d218-354、d183-405 が各々、 $1.6''$ 、 $1.0''$ 、 $0.3''$  であった。これらの中間赤外線の直径は、可視光で計測された直径の 50 - 91 % に相当する。ディスクの質量は、各々、8.3、5、 $1 \times 10^{-3} M_{\text{sun}}$  と導出された。これらの質量は、シルエット=ディスク天体が、おうし座の若い星が持つディスクと同様に、惑星を形成するのに十分な質量を持つことを示唆している。d114-426 ディスクのダストによる減光量を、より短い波長で観測された値と比較し、ディスクにおける減光の波長依存性を再現するダストのサイズ分布を、Drain & Lee (1984) のダストの光学モデルを用いて探った。結果、ダストのサイズ分布を変化させるだけでは、 $4.05 \mu\text{m}$  の小さな減光特性を説明できないことがわかった。 $4.05 \mu\text{m}$  と  $12.8 \mu\text{m}$  の光学特性は、各々、グラファイトとシリケートによって主に担われている。観測結果は、d114-426 ディスクでグラファイトが減少していることを示唆している。 $4.05 \mu\text{m}$  と  $12.8 \mu\text{m}$  のダスト減光の比がディスク半径によって僅かに変化している。d114-426 ディスクの半径内側における減光の波長依存性は、グラファイトが存在しない場合に予想される波長依存性とおおよそ一致する。従って、ディスクの内側の領域では、グラファイトが大量に消失していることが推測される。星間ダストからの成長にともない、

ダストはそのサイズと物質構成の両方を変化させると考えられる。